

Sami Laine

# Sähköverkkosuunnittelijan työkalut

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

20.5.2016

Tekijä Otsikko	Sami Laine Sähköverkkosuunnittelijan työkalut
Sivumäärä Aika	27 sivua 20.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Osmo Massinen Jussi Ylinen, Aluepäällikkö
<p>Tämän insinöörityön tavoitteena oli rakentaa aloittelevan sähköverkkosuunnittelijan tueksi koulutusmateriaalia työnkuvaan liittyvistä työkaluista ja metodeista, joita tarvitsee suunnittelun eri vaiheissa. Aihe syntyi Relacom Finland Oy:n aloitteesta, ja se rajoittuu 0,4k V sekä 20 kV jakeluverkkojen suunnitteluun.</p> <p>Työn sisältö pyrkii seuraamaan suunnittelun tyypillistä aikajanaa, ja asioita käsitellään samassa järjestyksessä kuin ne suunnitteluprojektissa eteen tulevat. Erilaisia toimintatapoja alan sisällä kartoitettiin haastattelemalla kollegoita muilta alueilta.</p> <p>Tilaaja Relacom Finland Oy:n toiveesta työlle sisällytettiin myös tablettitietokoneen hyödyntämistä käsittelevä tutkimus, jossa selvitettiin tabletin ominaisuuksia suunnittelun tukena. Yritys luovutti yhteensä viisi laitetta kahden kuukauden ajaksi testiin, jonka jälkeen käyttäjäpalaute kerättiin siihen räätälöidyillä lomakkeilla.</p> <p>Saavutetun koulutusmateriaalin avulla voidaan pyrkiä pienentämään kokeneempiin suunnittelijoihin kohdistuvaa kuormitusta, jonka perehdyttäminen muutoin aiheuttaa. Parhaimmillaan materiaali voi nostaa kenen tahansa suunnittelijan tehokkuutta tuomalla uusia työkaluja käyttöön.</p>	
Avainsanat	Jakeluverkko, suunnittelu

Author Title	Sami Laine Tools for an Electrical Grid Planner
Number of Pages Date	27 pages 20 <sup>th</sup> of May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Power Electrical Engineering
Instructors	Osmo Massinen, Senior Lecturer Jussi Ylinen, Regional Manager
<p>The objective of this study was to create material concerning the tools and methods that are used in planning of an electric grid. The material was designated to be used in training of new electric grid planners. The topic was brought up by Relacom Finland Oy, and it covers the planning of 0.4kV and 20kV distribution grids.</p> <p>The content of this thesis follows the typical timeline of electrical grid planning, i.e. matters will be discussed in the same order as they would appear during a planning project. Different practices inside the industry were surveyed by consulting colleagues working in different areas.</p> <p>From the initiative of Relacom Finland Oy the thesis also includes a section where the use of a tablet computer as a tool in planning is studied. The company handed out five tablets to be tested for two months, after which the results were gathered via a customised feedback form.</p> <p>As a result of this study, companies can reduce the stress caused for more experienced electrical grid planners, as they no longer have to put as much effort in orientating novice colleagues. In the best possible scenario, any electrical grid planner can improve their productivity by bringing new tools in to their reserve.</p>	
Keywords	Distribution grid, planning

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	2
2	Suunnittelun aikaiset työkalut	2
2.1	Maastokatselmointi	2
2.1.1	Valokuvaaminen	3
2.1.2	Mittaus- ja merkkaustyökalut	3
2.1.3	Tablettitietokone	9
2.2	Trimble NIS	10
2.2.1	Sähkötekkinen mitoittaminen	11
2.2.2	Tarkastustyökalut	16
2.2.3	Johtojen valinta	17
2.3	Rakennusmateriaalit	18
2.3.1	Headpower	18
2.3.2	SLO Kaapelivarustehaku	20
3	Maankäyttö	21
3.1	Maankäyttökorvaukset	24
4	Yhteenveto	24
	Lähteet	26

## 1 Johdanto

Tässä työssä esitellään jakeluverkon suunnitteluun käytettäviä työkaluja ja menetelmiä. Työn tavoitteena on tarjota uudelle sähköverkkosuunnittelijalle suunnattu perehdyttämismateriaali. Työssä käsitellään joukkoa sovelluksia ja menetelmiä, joita hyödyntämällä voidaan tuottaa toteutuskelpoisia suunnitelmia. Suuri osa materiaalista koostuu omasta ja kollegoiden kokemuksesta sähköverkkosuunnittelijan toimessa, unohtamatta kuitenkin standardien sekä lakipykälien vaikutuksia suunnitteluun. Tavoitteena on myös selvittää tablettitietokoneen kannattavuus suunnittelijan tai asentajan työnkuvas-  
sa. Asioita tuodaan esille tyypillisen suunnittelutehtävän aikajanaa mukailevassa järjestyksessä, näin pyritään luomaan lukijalle kokonaiskuva sähköverkon suunnittelusta. Työ käsittelee myös enemmän projektinhoitoon kuuluvia materiaalihankintoja sekä maankäyttölupien hakua.

## 2 Suunnittelun aikaiset työkalut

### 2.1 Maastokatselmointi

Tehtävänannon saatuaan suunnittelijan on lähes aina tutustuttava kohteeseen paikan päällä. Tässä luvussa käydään läpi maastokatselmointiin liittyviä työvaiheita ja niiden suorittamisessa hyödyllisiä työkaluja. Maastokatselmointi on hyvin tärkeä osa toteutuskelpoisen suunnitelman tekemistä. Työn toteutusta voidaan hahmotella etukäteen asemakaavojen, sähköisten arvojen ja karttapalveluiden, erityisesti Google Street View-sovelluksen avulla. Kuitenkin työkohteen nykytila ja mahdolliset esteet (esim. peruskallion todellinen syvyys) selviävät vasta maastokatselmusta suorittaessa. Paikan päällä käymisen yhteyteen on myös usein käytännöllistä sopia tapaaminen loppuasiakkaan kanssa.

Suunnittelijan on myös kannattavaa pyrkiä selvittämään alueella tapahtuvia muiden operaattoreiden hankkeita mahdollisen yhteiskaivuun takia. Jakamalla esimerkiksi maakaapelireitin kaivamiskustannukset televerkko-operaattorin kanssa voidaan liike-toiminnallisesti saavuttaa huomattavasti korkeampia kannattavuuksia.

### 2.1.1 Valokuvaaminen

Suunnitelmaa tehtäessä on usein tarve tarkastella kohdetta jälkikäteen. Tämä onnistuu helpoiten, mikäli suunnittelija on maastossa käydessään valokuvannut kohteen kattavasti. On tärkeää valokuvata ensisijaisen toteutustyylin lisäksi ympäristöä myös vaihtoehtoisten ratkaisujen arvioimiseksi, jos syystä tai toisesta jälkikäteen huomataan ensisijaisen reitin olevan toteutuskelvoton.

Valokuvaaminen toimii samalla työkohteen alkuperäisen tilan tallenteena. Mahdollisten kiistatilanteiden ilmaantuessa voidaan todentaa, mitkä asiat ovat rakennustöiden seurauksena työkohteessa muuttuneet ja mitkä ovat säilyneet ennallaan. Valokuvat ovat myös hyödyllisiä tehtäessä työn vaiheista kertovia selostuksia esimerkiksi lupahakemuksiin tai työn toteuttajille ohjeeksi.

#### Esimerkki 1.

Maastosuunnittelija on matkustanut syrjäiselle haja-asutusalueelle katselmoimaan yksinkertaiselta vaikuttavaa noin 100 m maakaapelointia kaapelijakokaapilta loppuasiakkaan liittymispisteelle. Suunniteltu kaapelireitti kulkee yksityistien vierustalla ja oikaisee traktoriuraa pitkin metsän lävitse liittymispisteeseen. Suunnittelija valokuvaa tämän reitin ja siirtyy takaisin toimipisteelleen jatkamaan suunnittelua. Suunnittelija alkaa keräämään tietoa reitillä olevista maanomistajista. Selviää, ettei kiinteistön omistaja jolle traktoriura kuuluu, halua kaapelin tuomaa rasiitetta kiinteistölleen. Suunnittelijan on selvitettävä vaihtoehtoinen reitti, mutta maastokatselmointia tehdessä tätä ei otettu huomioon. Ongelmalta olisi välttytty, mikäli suunnittelija olisi valokuvannut maastokäynnillä ympäristöä vaihtoehtoisen reitin selvittämistä varten.

### 2.1.2 Mittaus- ja merkkaustryökalut

Maastokatselmointiin kuuluvat olennaisesti myös reittien ja rakenteiden mittaukset sekä mahdolliset merkkaukset. Mittapyörällä saadaan tarkasti maastoa mukaillen mitattua esimerkiksi suunniteltavan kaapelireitin pituus. Tätä tietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi työn arvoa laskettaessa, tarvikkeiden tilauksessa tai kaivu-urakoitsijan laskun tarkistuksessa.

Maankäyttölupia varten on selvittävä, millä kiinteistöllä työt tapahtuvat. Rajapyykkien paikallistaminen on toisinaan haasteellista, ja erityisesti maaseudulla niiden etsimiseen saattaa kulua melkoisia määriä aikaa. Maaseudulle keskittyvän suunnittelun tukena voidaankin hyödyntää DGPS-järjestelmää, joka koostuu laadukkaasta GPS-laitteesta sekä sen kanssa yhteensopivasta antennista. Tämä järjestelmä on GPS-järjestelmän alueellinen tarkennusmenetelmä, jolla voidaan päästä alle 1 m:n paikannuksiin [1.].

#### Esimerkki 2.

Rakennetaan keskijännitemaakaapeli (sininen katkoviiva) haja-asutusalueella väistäen kiinteistöt 1 ja 2. Koska kiinteistöjen rajamerkintöjä ei maastosta löydy kaapelireitin vastaisilta reunoilta, on DGPS-järjestelmän käyttö tarpeen. Paikannetaan maastossa rajalta muutamia pisteitä näköetäisyydellä toisiinsa nähden, jolloin mittausvirhe huomioiden kaapelireitti voidaan merkitä turvallisen matkan päähän rajasta.



Kuva 1. Keskijännitemaakaapelin reittisuunnitelma (Raasepori 2015)

Suunniteltava verkko on usein tarpeen merkitä maastoon, jotta kaivu-urakoitsijalla on mahdollisimman tarkka käsitys tehtävästä työstä. Näin ehkäistään tehokkaasti esimerkiksi maankäytöllisiä ongelmatilanteita toimittaessa kiinteistörajojen tuntumassa. Perinteisenä merkintävälineenä ovat toimineet 1 m:n pituiset puukepit, joista toinen pää on teroitettu ja toinen maalattu huomioväriellä. Keppiä on syytä olla riittävän leveitä, jotta mahdollisten ohjeistavien kommenttien kirjoitus niihin onnistuu. Merkkien asennukseen soveltuu parhaiten kovaankin maahan pureutuva rautakanki.



Kuva 2. Suunniteltujen kohteiden merkitseminen maastoon.





Kuva 3. Merkintään käytettävä keppi ohjeineen.

Maanalaisten rakenteiden suunnittelussa on otettava huomioon maaperän koostumus, ja Suomessa monin paikoin pinnassa oleva kallioperä. Ennen maastoon siirtymistä voidaan Geologian tutkimuskeskuksen tarjoamaa Maankamara-palvelua hyödyntämällä kartoittaa kohteen maaperän koostumusta. Palvelun karttanäkymään voidaan erilaisia tasoja valitsemalla korostaa esimerkiksi mittaustuloksiin perustuva data alueista, joissa peruskallion syvyys on alle 1 m maanpinnasta. Suunnittelija osaa näin ollen varautua maastossa tehtäviin tarkempiin mittauksiin, joita voidaan suorittaa vaikkapa akkukuporakoneeseen kiinnitetyllä kiviporanterällä. Mikäli käytetään 1 m pituista terää, voidaan kartoittaa maaston soveltuvuutta maakaapelireitiksi, sillä useimmiten riittävä syvyys kaapeliojan pohjaan on 700 mm [2.]. Myös pienempi asennussyvyys aina 300 mm asti sallitaan ympäristöstä riippuen, mikäli kaapeli suojataan standardin määrittelemällä tavalla. Näitä poikkeussääntöjä voidaan hyödyntää silloin, kun halutaan välttää kallion louhintaa. Puolestaan yli 700 mm asennussyvyyyksiä käytetään esimerkiksi viljelyspelttien kohdalla. Tällaisia reittejä pyritään välttämään, mutta mikäli vaihtoehtoja ei ole, on kaapeli asennettava vähintään 1000 mm syvyyteen pellon pinnasta.



Kuva 4. Maaperän paksuuden mittaaminen 1000 mm:n pituisella poranterällä.

Muu olemassa oleva maanalainen tekniikka tulee huomioida maastosuunnitteluvaiheessa. Varsinkin taajama-alueella vesihuolto-, kaukolämpö- sekä maakaasuverkot vaikuttavat suuresti sähköjakeluverkon rakentamiseen. Nämä verkot sijaitsevat yleensä 1-3 m syvyydessä maanpinnasta, ja samansuuntaista johtoa ei suoraan niiden päälle saa rakentaa huoltoteknisistä seikoista johtuen. Vesihuolto- ja kaukolämpöverkkojen osalta samansuuntaiset johdot tulee sijoittaa vähintään 1 m päähän itse putkista. Poikkeuksiakin on mikäli putket sijaitsevat kovin syvällä, esimerkiksi 3-4 metrissä. Tällöin kunnallisteknikko usein lähestyy sähköverkonrakentajaa lupahakemusten yhteydessä ilmoittamalla riittävän sivupoikkeaman, jolloin syvällä sijaitsevan putken mahdollinen huoltokaivanto ei ulotu sähköverkon osiin. Maakaasuputkien ympäristö on turvattu 5 m päähän ulottuvalla suoja-alueella, jota lähempänä kaivettaessa on aina oltava yhteydessä putken omistajaan. Omistajan tiedot sekä putken tyyppi ja sijainti selviävät reitin varrelle tasaisin välein asennetuista merkkipaaluista. Lupa vaaditaan jo 30 m päässä operoidessa, mikäli työhön sisältyy räjäytystä tai louhintaa.



Suunniteltaessa kaapelointia ELY-keskuksen omistamien teiden varsilla, on maankäytölupia varten kerättävä oheismateriaalia. ELY-tien sisävalliin kaapeloitaessa on huomioitava reunavallin kaltevuus. On sattunut tapauksia, joissa kaapeliojaa kaivettaessa toinen ajokaista on romahtanut kaivantoon. Tämän seurauksena on kaivutöitä varten määritelty raja-arvot sisävallin kaltevuudelle. Yleispätevänä voidaan pitää kaltevuussuhdetta 1:3 [3.], jonka todentamiseen valmistetaan kahdesta laudasta mittatyökalu. Tämä mittatyökalu tulee asettaa valokuvissa sisävallin luiskaan, jolloin voidaan osoittaa vallin olevan riittävän loiva kaapeloinnin suorittamiseen. Kuvassa 4 näkyvän sisävallin jyrkkyys on todettu jyrkemmäksi kuin 1:3, mutta tieosuutta suojaavan reunakaiteen kohdalla voidaan tietyssä tapauksessa hyväksyä jopa 1:1,5-kaltevuus.



Kuva 5. Reunavallin kaltevuuden todentamiseen käytettävä työkalu.

Mikäli suunnitelmassa alitetaan ELY-tie, tarvitaan alituskohdasta valokuva. Valokuvassa tulee näkyä alitusporauksen tai tunkkauksen alku- sekä loppupää. Tähän tarkoitukseen hyödyllisenä on koettu noin 2,5 m:n pitkät merkkisauvat. Sauvat voidaan sijoittaa valokuvauksen ajaksi tien vierustoilta siten, että ne näkyvät tievalliin yli molemmin puolin katsottaessa.

### 2.1.3 Tablettitietokone

Maastosuunnittelua tehtäessä tulee usein tilanteita, joissa voisi hyödyntää verkkokarttoja, maanomistustietoja tai vaikkapa hankkeen lähtötietoja. Kannettava tietokone varustettuna mobiiliyhteydellä toimii tähän tarkoitukseen hyvin, mutta on melko hankala käyttää liikkeessä sekä on hyvin altis kolhuille. Tästä syystä tabletin hyödyntäminen työtehtävissä nousee mielenkiinnon kohteeksi.

Relacom Finland Oy tarjosi minulle sekä neljälle muulle yrityksen työntekijälle Asus ZenPad 10 -tabletit kahden kuukauden testikaudelle. Tämän ajan tarkoituksena oli testata tabletin ominaisuuksia asennus- sekä suunnittelutehtävissä, ja kerätä palautetta kehitystä vaativista asioista. Testaajista 3 oli sähköverkkosuunnittelijoita ja 2 sähköverkkoasentajia. Käydään seuraavaksi läpi tablettien käyttökokemuksia suunnittelun osalta.

Testilaitteilla käytettiin useita sovelluksia, mm. Trimble NIS/DMS, MML kiinteistötietopalvelu, Karttaikkuna, Maankamara ja Lupapiste. Näistä verkkotietojärjestelmä Trimblen käyttäminen Citrix Receiverin kautta oli testilaitteelle liian raskasta. Myöskään Web Map - sovellus ei tuonut haluttua sujuvuutta käyttöön. Testiryhmän palautteen perusteella verkkokarttojen selaaminen olisi ehdottoman tärkeää tämän kaltaisella maastoon tarkoitettulla laitteella. Tabletin käsitteleminen maastossa muiden työkalujen ohessa oli hankalaa; laitteella tulisi olla olkahihnalla varustettu kantolaukku, johon asennettuna tablettia tulisi voida käyttää. Laite kuitenkin mahdollisti maastoon jalkautuneena maankäytöllisen tarkastelun; kiinteistöjen raja- sekä omistajatietojen lukeminen koettiin hyödylliseksi. Näin voidaan jo maastossa selvittää rakenteiden sijoittamisen kohteena olevien kiinteistöjen omistajat ja mahdollisuuksien mukaan väistää suurten organisaatioiden (esim. ELY, RHK, Senaatti) maita.

Peruskallion syvyyden selvittämisessä apuna käytettävä Maankamara-palvelu soveltui maastokäyttöön jopa paremmin kuin ennakkotiedusteluun. Monesti alkuperäinen näkemys tehtävällä rakennettavasta verkosta saattaa muuttua maastokatselmusvaiheessa, jolloin myös ohuen maapeitteen sijainnit tuli tarkastella uudelleen. Suunnittelijan on tehokkuutensa kannalta voitava kohdistaa suoritettavat maaperän paksuusmittaukset niille alueille, joissa kallion syvyys voi verkonrakentamiseen vaikuttaa. Koko suunniteltavan alueen laajuudella tehtävät mittaukset resursoisivat suunnittelijan ajankäyttöä merkittävästi.

Testiryhmän enemmistö jatkaisi tabletin hyödyntämistä suunnittelun tukena, mikäli tilalle saataisiin tehokkaampi sekä akkukestoisuudeltaan parempi laite. Oma mielipiteeni oli myös käytön jatkamista puoltava, joskin laitteesta saatava hyöty ei todennäköisesti kestä merkittäviä investointeja parempaan kalustoon. Käytännössä hyöty kulminoituu säästettyyn työaikaan ja matkakuluihin, joita suunnittelijalla kului PC:n käyttöön sekä mahdollisten uusintakatselmusten tekemiseen. Huolellisella tabletin tukemalla maasto-suunnittelulla voidaan kokemukseni mukaan säästää em. toimiin kuluva työaika 0-6 h/kk, ja matkakuluja 0-400 km/kk edestä. Perustan arvioni maksimissaan kahteen 1 h:n mittaiseen kuukausittaiseen uusintakäyntiin kohteessa, maksimissaan 100 km:n säteellä toimipisteeltä.

Laitteen käyttömahdollisuuksia sähköverkkoalalla voitaisiin laajentaa myös sähkönkulutusmittareiden asentamiseen. Tällä hetkellä mittarointiasentajat suorittavat mittareiden ohjelmoinnin ja lukemisen kannettavalla tietokoneella, jonka kömpelyydestä on tullut palautetta. Tähän työnkuvaan soveltuvan laitteen perustana olisi oltava Windows-käyttöjärjestelmä, jotta mittareiden käyttöön tarkoitetut ohjelmat siinä toimisivat.

## 2.2 Trimble NIS

Jotta suunniteltava verkko voidaan viedä rakennusvaiheeseen, tulee sen olla sähkötekniisesti oikein mitoitettu sekä usein erikseen hyväksytetty tilaajalla. Tehtävästä riippuen voi myös olla tarpeen kartoittaa sähkötekniisestä näkökulmasta mahdolliset ratkaisut jopa ennen maastokäyntiä. Tämä tarkastelu suoritetaan verkkotietojärjestelmää hyödyntämällä, jonka käytettävissä oleva versio riippuu verkkoyhtiöstä. Yhä enenevissä määrin ovat verkkoyhtiöt siirtyneet käyttämään kotimaista Trimble Solutions Oy:n tuottamaa Trimble NIS - järjestelmää, jota seuraavaksi käytetään esimerkkinä. Verkkoyhtiöstä riippuen myös käytössä olevan verkkotietojärjestelmän ominaisuudet vaihtelevat; tässä tapauksessa keskitytään Caruna Oy:lle räätälöityyn ympäristöön.

Sähköverkkoja varten luotu versio Trimble NIS:istä sisältää älykkään verkkomallinsa lisäksi siihen integroituja paikkatietotoiminnallisuuksia. Tämän vuoksi esimerkiksi rakennettava kaapeliverkko voidaan dokumentoida järjestelmään GPS-tietoihin perustuen. NIS voidaan jakaa viiteen modulaariseen toimialasovellukseen:

- verkostolaskenta

- verkon suunnittelu ja rakentaminen
- omaisuudenhallinta
- verkkoinvestointien hallinta
- kunnossapito.

Näistä ensimmäistä käsittelemme seuraavassa.

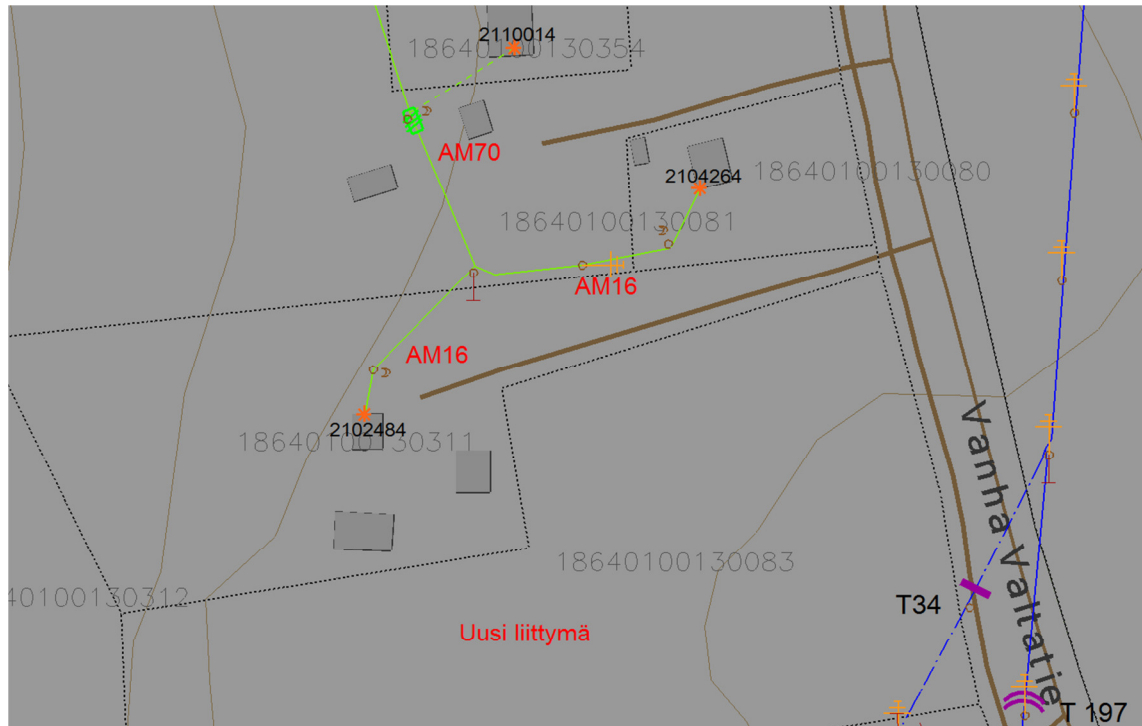
### 2.2.1 Sähkötekniinen mitoittaminen

Lähtökohtana mitoittamiselle on suunniteltavan verkon piirtäminen verkkotietojärjestelmään. Tilaaja luo Trimble NISiin suunnitelman sekä määrittelee sille suunnitelma-alueen. Suunnitelma-alueen tulee kattaa vähintään suunnittelun alainen muuntopiiri, jolloin laskenta- toiminnon käyttäminen on mahdollista <sup>1)</sup>. Seuraavassa esimerkissä tutkitaan uuden 3\*80A sähköliittymän mitoitusta ilmajohtoalueella. Yksi ohjaava tekijä mitoituksessa on riittävä oikosulkuvirta liittymispisteellä. Tämä korreloi suoraan liittymällä nähtävään jännitetasoon sekä suojauksen toimivuuteen. Oikosulkuvirran ohjearvoon pyrittäessä yksinkertaisimpana työkaluna toimii johdon poikkipinta-alan kasvattaminen, pitäen kuitenkin mielessä mahdolliset haasteet suuremman johdon asentamisessa.

Laskennan avulla voidaan myös selvittää analyysin alaisen verkon kuormitustasoja eri kohdissa. Mikäli työn kohteena olevan verkon kapasiteettia joudutaan kasvattamaan, on sen mukanaan tuoma työn laajentuminen pystyttävä ottamaan huomioon maastoon siirryttäessä. Ennen maastokatselmusta on hyvä olla tietoinen esimerkiksi muuntopiirin jakelumuuntajan riittävydestä uuden kulutuksen myötä. Mikäli muuntajan kuormitustasot lähestyvät 100 % tai jopa ylittävät sen, on syytä ottaa muuntajan vaihtoon liittyvät seikat huomioon maastokatselmuksella. Tämä tarkoittaa muuntamon nimellistehon selvittämistä, jakelumuuntajan kuljetuksen järjestämistä sekä tarvikkeisiin ja sähkökatkoon liittyvien asioiden hoitamista. Sähköverkkourakoitsijoilla yleisesti käytössä olevan Mercedes-Benz Atego lavakuorma-auton nostimella saadaan asennettua noin 2000 kg painava 800 kVA muuntajakone, mikäli ajoneuvolla päästään aivan muuntamon vierustalle. Tätä vaativammat nostot tulee yleensä tilata yksityisiltä kuljetuspalveluilta.

- 1) Muuntopiirillä tarkoitetaan yksittäisen jakelumuuntajan syöttämää pienjänniteverkkoa.

Esimerkki 3.



Kuva 6. Kiinteistölle 18640100130083 suunnitellaan uusi 3\*80 A sähköliittymä.

Uutta liittymispistettä lähinnä oleva pienjänniteverkko sijaitsee kiinteistön pohjoispuolella. Aloitetaan mitoittaminen piirtämällä AMKA35 -liittymisjohto rajan läheisyydessä olevalta pylväältä pihatien ylitse loppuasiakkaan tontille sekä luodaan uusi pienjänniteliittymä laskentaa varten. Liittymälle on arvioitava kulutustiedot, jotta sen vaikutukset syöttävän verkon kuormitustasoihin saadaan selvitettyä. Lasketaan ensin liittymän huipputeho.

$$S_n = \sqrt{3} * U_n * I_n$$

$$S_n = \sqrt{3} * 400V * 80A = 55,42kVA$$

Koska emme tiedä kiinteistön tehokerrointa, arvioidaan se  $\cos\phi=0,90$ . Näin saamme liittymän huippupätötehoksi arvioitua  $P \sim 50,00$  kW. Syötetään tämä arvo kulutuspuolelle.

tietoihin sekä asetetaan kulutusperusteeksi huipputeho. Näin voimme simuloida liittymän verkkoon aiheuttamia vaikutuksia huippukulutuksen aikana. Huippukulutuksen käyttö mitoituksessa on harvoin lähellä realistista tilannetta, mutta sen avulla on turvallista lähteä liikkeelle.

Kulutustiedot liittymälle TESTI

Ryhmä: 2 OKT, sähköläm. Käyttövesivaraaja > 300l

Kuluttajien lukumäärä: 1 Huipputeho (kW): 50.00

Vuosienergia (kWh): 121500 Huipun käyttöaika (t): 2430

Kerrosala (m²): 0

Kulutus perustuu: Huipputeho Laske

Lisää Muuta Poista

ATJ-as...	Ryhmän nimi	Kuluttajie...	Energia...	Teho (k...	Kerrosala (...)	Perustuu	Mittaukset
2	OKT, sähköläm. K...	1	121500	50.00	0	Huipput...	

Yhteensä: 1 kuluttajaa, 121500 kWh

OK Hyväksy Peruuta Ohje

Kuva 7. Pienjänniteliittymän 3\*80 A kulutustietojen arvioiminen.

Laskentaoptiot

Laskentatapa Optiot Laskennan alustus

Optiot

- Karttatulostus
- Muuntamon yhteenvedotietojen päivitt
- PJ-liittymän kytkentätietojen päivi
- Solmumerkintöjen piirto
- Solmuparioptimointi

Valitut optiot

- Tulokset
- Väritys

Kulutustietojen yhteenlasku Suunnittelukantaan

Tallennus laskennan päätteeksi Suunnittelukantaan

Solmumerkintä Solmu-ID + muuntamo/kytkintunnus

Tulostuskomento notepad

Tulostiedosto CalcResult.txt

Lokitiedosto CalcLog.txt

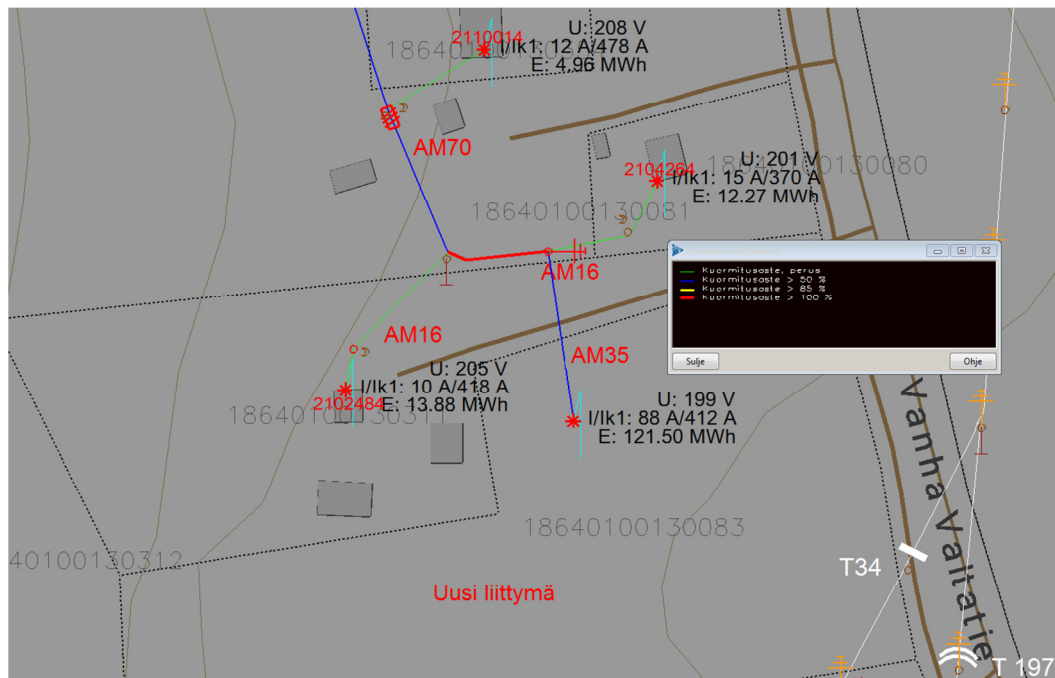
Oletus

OK Hyväksy Peruuta Ohje

Kuva 8. Karttatulostuksen asettaminen.



Ennen Laske-ominaisuuden käyttöä asetetaan karttatulostus päälle optiot-valikosta, jolloin tulosten analysointi helpottuu.



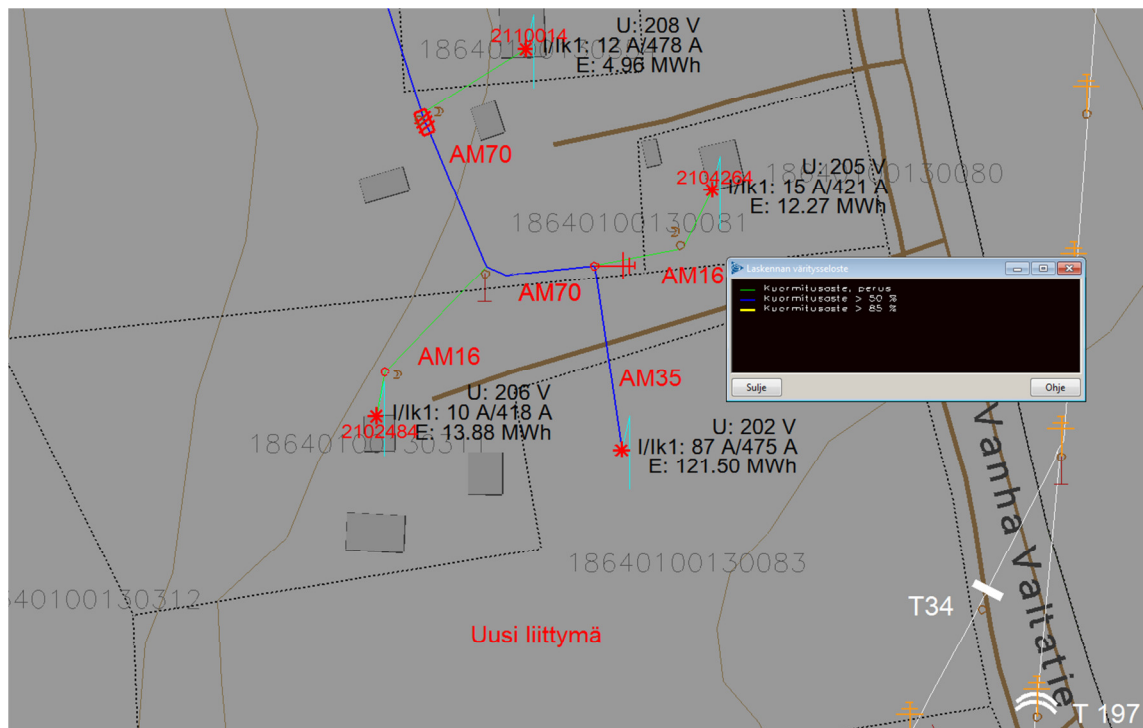
Kuva 9. Laskennan tulokset kartalla.

Kuvassa 9 on nähtävillä sekä laskennan tuottamia sähköisiä arvoja että dynaamisen värityksen korostamia kuormitustasoja. Vihreällä korostuneet nykyiset liittymisjohdot näyttävät kestävän liittymien kuormituksen erittäin hyvin, kun taas sinisen runkojohdon osalta kuormitusprosentti on jo yli 50 % sallitusta. Huomio keskittyy kuitenkin punaisella korostettuun AMKA16 -pylväsväliin, jossa kuormitus nousee yli 100 % sallitusta.

Uuden liittymän osalta laskennan tuloksista luetaan liittymäpisteellä nähtävä yksivaiheinen oikosulkuvirta, tässä tapauksessa  $I_{K1}=412$  A. Tarkastellessa Carunan sulakesuojausohjetta (Kuva 10) havaitaan, että haja-asutusalueella tavoitearvo on 440 A. Jotta korkea kuormitustaso sekä huono oikosulkuvirta saadaan korjattua, kasvatetaan verkon kapasiteettia vaihtamalla pullonkaulaksi muodostunut pylväsväli AMKA70:ksi, jolloin runkojohto on koko matkan muuntamolta samaa kokoa.

Liittymät	Pienin sallittu lk liittymän suojaavilla sulakkeilla												
Suojaava sulake	2.x / A	25	35	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400
Määräysten mukainen minimi	lk / A	250	250	250	320	425	580	715	950				
Minimitavoitearvo taajama-haja-asutus	lk / A	260	260	260	330	440	600	750	1000				
Minimitavoitearvo asemakaava	lk / A	260	260	320	425	580	715	950	1250	1650			

Kuva 10. Ote Caruna Oy:n sulakesuojajousohjeesta (Vierimaa/2015).



Kuva 11. Laskennan tulokset kartalla.

Vahvistettuaamme ongelmallisen pylväsvälin laskentaa varten huomataan tilanteen normalisoituneen. Verkon kuormitusaste on hyväksyttävissä rajoissa, sekä uuden liittymispisteen luona nähtävä yksivaiheinen oikosulkuvirta on noussut ohjearvon yläpuolelle.

#### YHTIEN V E T O (VIIMEISIMMÄN LASKENNAN TULOKSET)

Kohde	Tunnus	K-aste (%)	Umin (V)	Uh (%)	Ph (kW)	Eh (kWh)	K(Ph) (€)	K(Eh) (€)	K(yht) (€)
1 -	2 T0070	73	226.5	1.9	1.757	5098	0	0	0
Verkko		135	198.6	14.0	9.679	12847	0	0	0

Kuva 12. Laskennan tulokset sisältävä tekstitiedosto.

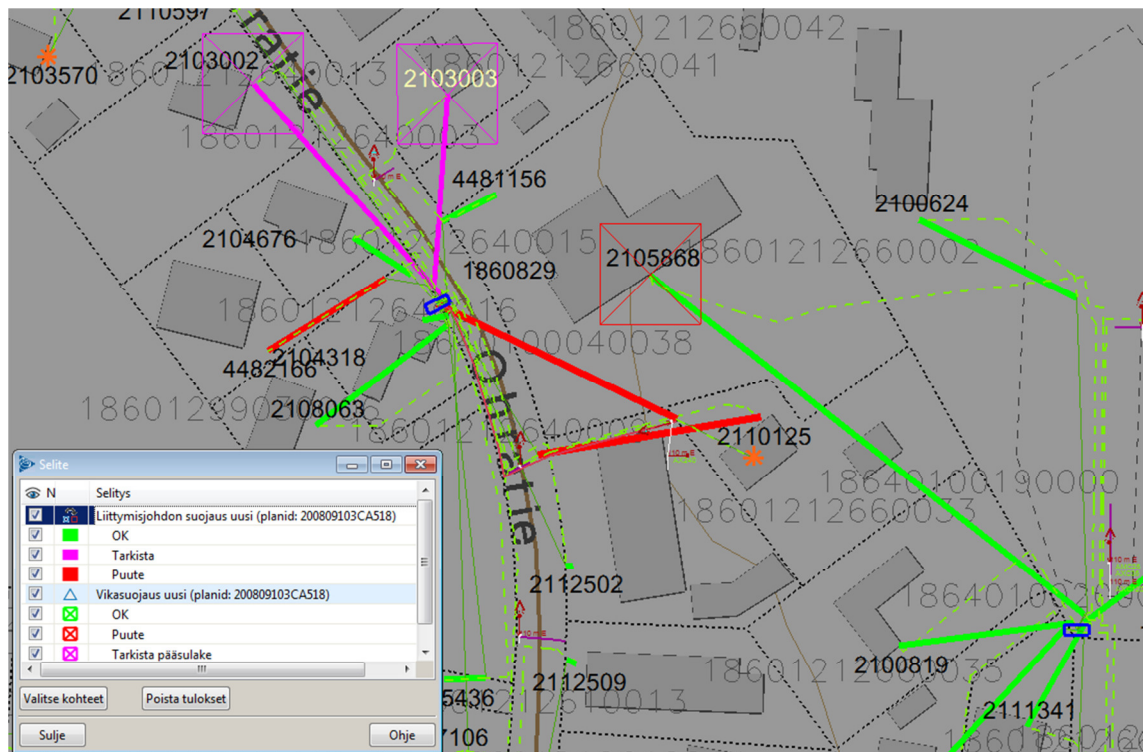
Laskennan kohteena olevan muuntopiirin jakelumuuntajan kuormitusprosentti selviää automaattisesti muodostuvasta tekstitiedostosta (kuva 12). Uuden liittymän tuoman kulutuksen myötä jakelumuuntajan T0070 kuormitus on 73 %, joka ei vaadi toimenpiteitä.

Sähköinen mitoittaminen toi ilmi verkon ahtauden AMKA16 kohdalla. Suunnittelija voi seuraavaksi siirtyä maastokatselmoimaan kohteen kantaan mukanaan tiedon vaadittavista lisätöistä.

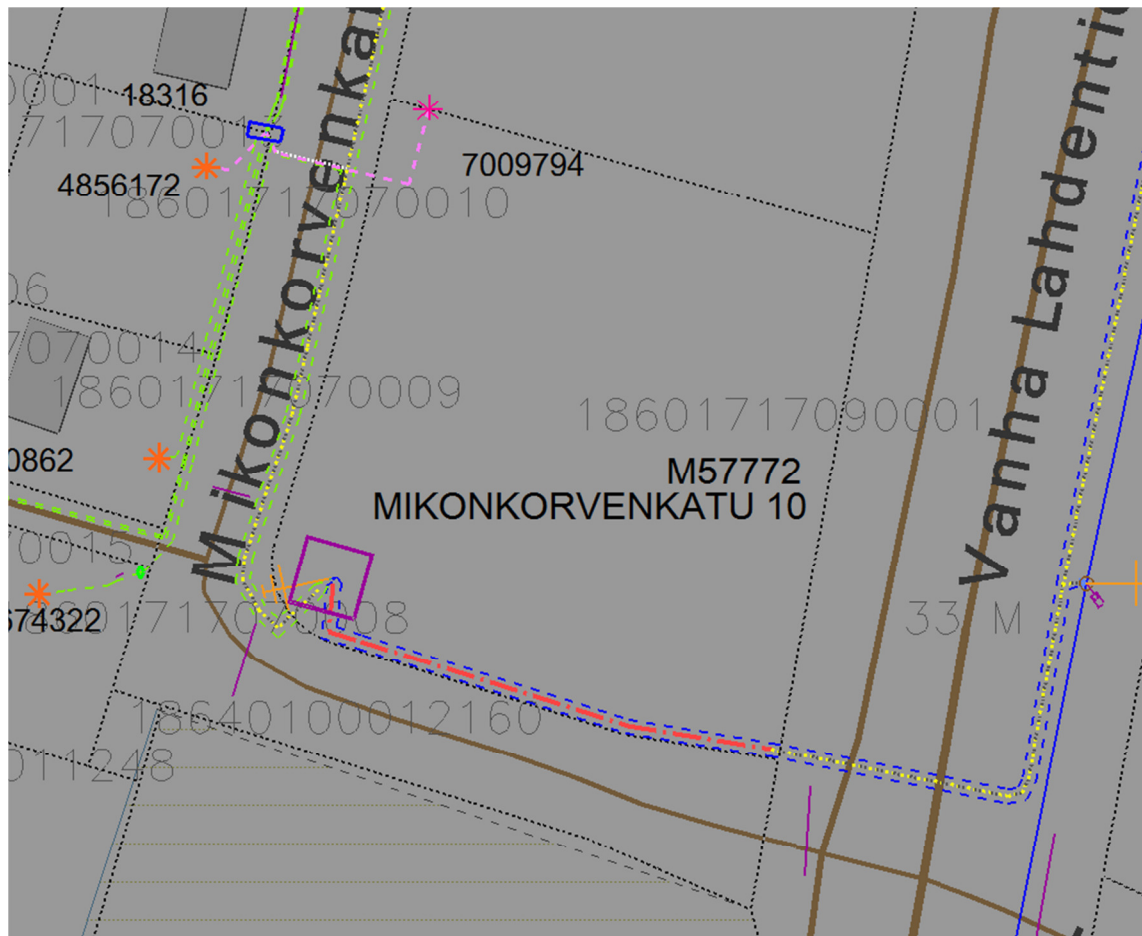
### 2.2.2 Tarkastustyökalut

NIS tarjoaa suunnittelun sekä dokumentoinnin tueksi tarkastusominaisuuksia. 'Suunnitelman tarkastus' -työkalu luo listan kaikkien suunnittelun aikana lisättyjen tai muutettujen kohteiden puutteellisista dokumentointitiedoista. Tätä ominaisuutta on hyödyllistä käyttää ennen valmiin työn luovuttamista tilaajalle, tai master-tietokantaan viemistä. Puutteelliset dokumentointitiedot voivat käsittää vaikkapa täyttämättä jääneitä käyttöönottopäivämääriä, puuttuvia kaapeliojan ympäristötietoja tai vääränlaisia tunnuksia. Dokumentoinnin viimeistelyssä on hyvä olla hallussa tilaajan ohjeistus siitä, mitä tietoja ja missä muodossa halutaan verkkokohteille täytettävän. Caruna tarjoaa suunnittelijoiden sekä dokumentoijien käyttöön Dokumentointikäsikirjan, josta selviävät edellä mainitut asiat.

Vakioanalyysien avulla voidaan korostaa verkosta tiettyjä komponentteja sekä niiden ominaisuuksia, kuten johtojen puutteita tai kaapeliojien ympäristötietoja. Analyysit auttavat luomaan verkon kokonaiskuvaa haluttujen ominaisuuksien perusteella.



Kuva 13. Pj-verkkoa korostettu analyysin avulla; perusteena uuden rakennettavan verkon suo-  
jaus.



Kuva 14. Kaapeliojien ympäristötieto korostettu analyysin avulla. Punaisella haja-alue ja valkoisella taajama.

### 2.2.3 Johtojen valinta

Sähköisen mitoituksen osana tulee suunnittelijan kustannustehokkaasti, mutta standardit huomioiden valita verkkoon asennettavat johdot. Trimblen tarjoama ”Johdot”-osio listaa kattavasti sekä KJ- että PJ- johtojen sähköisiä ominaisuuksia, mutta on suositeltavampaa käyttää valintojen tukena Energiategollisuuden verkostosuosituksia. Verkostosuositukset on luotu yhdistämään eri toimijoiden toimintatapoja, joka helpottaa yhä enenevässä määrin ulkoistetun urakoinnin hallintaa. Verkostosuosituksissa raja-arvoihin on myös huomioitu SFS6000 mukaiset asennustavat, kuten maakaapeleissa maahan asennettuna, seinälle putkitettuna tai seinälle paljaana asennettuna.

## 2.3 Rakennusmateriaalit

Riippuen suunnittelijan työnkuvasta voi siihen kuulua myös valmiin suunnitelman pohjalta tehtävät materiaalitilaukset. Ilman vankkaa asentajakokemusta tai muutoin pitkää työuraa jakeluverkkoalalla, voi määrällisesti sekä laadullisesti oikeiden tarvikkeiden hankkiminen olla haasteellista. Kunkin sähköverkkoyhtiön omien linjausten ohjailemana voi suunnittelija hyödyntää tarvikeluettelon muodostamiseen seuraavassa esiteltäviä apuvälineitä. Vakiorakenteista poikkeavia toteutustyyplejä joudutaan myös ajoittain käyttämään, ja tällöin on lähes välttämätöntä pyrkiä hyödyntämään kokeneen asentajan tietoja.

### 2.3.1 Headpower

Headpower on verkkoportaali, joka sisältää runsaasti sähkö-, vesi-, kaukolämpö- sekä tietoliikennejärjestelmiä koskevia palveluita ja ohjeita. Yritys perustettiin vuonna 2001 Harjavallassa, ja on laajentunut siitä lähtien tavoitteenaan tarjota pilvipalveluita infra-verkkoyhtiöille. Sähköverkkojen parissa toimiville henkilöille suunnattua sisältöä ovat muun muassa tilaajan ja toimittajan välille luotu työnohjausosio, jakeluverkon vakiorakenneluettelot, työehtosopimukset, tarkastuspöytäkirjat, tietoa vaarallisista töistä ja työselostusten luontiosio. Sähköverkkosuunnittelijan näkökulmasta erityisesti materiaalitilauksien kannalta verkoston vakiorakenneosio on kovin hyödyllinen. Sen sisällysluettelo on seuraavanlainen:

- 1 Sähkönjakelu Pj
- ulkovalaistus
- muuntamot
- sähkönjakelu 20 kV
- sähkönsiirto 45 kV
- pylväs- ja tukirakenteet
- kaapelikaivannot, -asennus ja suojaus
- lisärakenteet.

#### Esimerkki 4.

Suunnittelija tilaa tarvikkeet suunnittelemansa kohteen rakennustöitä varten. Kohteessa on määrä rakentaa kaksi pylväsväliä uutta AMKA 35 -ilmajohtoverkkoa suoraan linjaan, joka liitetään alkupäästään kohtisuorasti nykyiseen AMKA 70 -verkkoon ja päätetään toisesta päästä AXMK 25 -maakaapelinousuun. Suunnataan ensin Pylväs- ja tukirakenteet -osioon, josta valitsemme reitille pylväät sekä tarvittavat harusmateriaalit. Koska työkohde on maastoltaan hyvin tasaista savimaata eikä korkeuseroja ole, on tällaiselle ilmajohdolle tyypillistä käyttää lujuudeltaan 2. luokan kuparikyllästeisiä 10 m pituisia pylväitä.

*Toisaalta rakennettaessa esimerkiksi Kj- ja Pj- yhteiskäyttöilmaverkkoa, jossa johtoina ovat vaikkapa Al132 sekä AMKA 70, on perehdyttävä pylväiden mitoittamiseen tarkemmin. Tällaisissa tapauksissa voidaan tukeutua CENELEC-standardeihin perustuvaan, Adato Energian tarjoamaan FMOK -ohjelmistoon. Ohjelmisto sisältää kaksi Excel-pohjaista tuotetta; johdinvoimien laskentaohjelma FM-CLC sekä pylväiden valintaohjelma OK-CLC. Ohjelmisto on maksullinen ja sen hankkimista tulee harkita, mikäli suunnittelijan työkanta sisältää vaativia ilmajohdokohteita.*

Rakennettavan osuuden aiheuttama sivuttaisveto nykyiseen AMKA 70 -linjaan, sekä päätepylväällä aiheutuva veto johdon suuntaan on kompensoitava harusvajerein. Pylväs- ja tukirakenteet -osiosta löytyvän Harussarjat ankkurilla -kohdan alta saamme tähän tarkoitukseen soveltuvan sarjan tiedot. Koska savimaassa 10 m pituisista pylväistä noin 8 m on maanpäällistä pituutta, riittää 11 m vaijeri tarkoitukseemme. Valitaan Harussarja HL43 1\*25 mm<sup>2</sup> haruslukolla.

Haetaan vielä otsikon "Sähkönjakelu PJ" alta työllä käytettävän ilmajohdon, ripustimien sekä tarvittavien kytkentätarvikkeiden tiedot. Uuden ilmajohdon ripustamiseen tarvitaan kannatuskoukut sekä johtoon kiinnittyvät ripustimet/päätepitimet. Esimerkin johto päätetään molemmista päistään pylväille, sekä kannatetaan keskimmaisella pylväällä. Valitaan PJ-ilmajohdot-valikosta kohdat Kannatusrakenne ja Pääterakenne <50 mm<sup>2</sup>. Johdon kytkemiseen tarvitaan Eristyksen läpäisevät JT-liitinsarjat AM35/AM70 sekä AM35/AX25.

Näin ollen olemme koonneet vakiorakenneosion avulla luettelon (taulukko 1) työkohteessa tarvittavista materiaaleista sähkönumeroineen sekä määrineen. Seuraavaksi

suunnittelijan on helppo lisätä tuotteet tavarantoimittajan tilaukselle, ja työt voidaan käynnistää.

Taulukko 1. HeadPower-vakiorakenneosion avulla kasattu tarvikeluettelo.

Sähkönumero	Nimi	Määrä/kpl
5045210	Puupylväs CU 210 LK2	1
0126902	Fe 25 harusköysi	11 m
5021027	Haruslaatta SFS 2648 HL 43	1
5021066	LS20 LAATTASILMUS KS (SH81)	1
5021121	SHS KS Harussinkilä	3
5021380	Haruslukko HLK 25	1
5021406	Fe7x2.12 Haruskierukkapäätte	1
5021473	Harusmerkkipakkaus	1
0658549	AMKA 3*35+50 1 kV	80 m
5025002	Kannatuskoukku RKKP KS	1
5025108	Ripustuspidin SO 214	1
5021456	Kaussi 15 mm köydelle	2
5025086	Kannatuskoukku haitalla M20, L=240 mm	2
5040347	VFS-0002 AMKA-päätelaitin 25-95 mm <sup>2</sup>	2
U1373147	Nippuside BT4LH-TL0 7	4
5043151	JT-liitin Al/Cu 16-120/6-50	7
5043269	Kosketusliitin Al 50-240	1
5043265	Kosketusliitin Al 16-50	1

### 2.3.2 SLO Kaapelivarustehaku

20 kV keskijännitemaakaapeleiden sekajatkoksia koskevat materiaalitiedot ovat Headpowerin vakiorakenneosiossa osittain puutteellisia. Esimerkiksi nykyisin paljolti rakennusmateriaalina käytettävää AHXAMK-W -kaapelia jatkettaessa vanhaan HPLKVJ -kaapeliin ei Headpower huomioi kaapelijatkoksen lisätarvikepakkausta rakennelistaussessaan. Tämän aiheuttamia virheellisiä materiaalityyppejä välttääkseen, on SLO:n räätälöimästä kaapelivarustehakusta suunnittelijalle hyötyä. Osoitteesta [www.slo.fi](http://www.slo.fi) löytyvän sovelluksen avulla voidaan hakea erityyppisten pien- sekä keskijännitekaapeleiden jatkos-, sekajatkos- ja päätemateriaalien sähkönumerot.

### 3 Maankäyttö

Suunniteltaessa verkkoa ulkopuolisen tahon omistamalle kiinteistölle tulee rakenteiden sijoitukselle hankkia maankäyttölupa. Sähköverkkoyhtiön johtojen sijoittaminen perustuu Maankäyttö- ja rakennuslain (1999/132) pykälään 161 [4.], jonka mukaan kiinteistön omistaja ja haltija on velvollinen sallimaan yhdyskuntaa tai kiinteistöä palvelevan johdon sijoittamisen omistamalleen tai hallitsemalleen alueelle, jollei sijoittamista muutoin voida järjestää tyydyttävästi ja kohtuullisin kustannuksin. Käytännössä pakkosijoitusta vaativia tilanteita muodostuu johtojen sijoittamisessa suhteellisen vähän, haja-asutusalueella enemmän kuin taajamassa. Haja-asutusalueen eroavaisuus johtuu siitä, että suuri osuus maa-alueista on yksityisessä omistuksessa, joten kunnan omistamia katualueita voidaan harvoin hyödyntää.

Yksityisten maanomistajien kanssa käytetään verkkoyhtiöiden omia sopimusmalleja, joissa muun muassa hankitaan suunnitellulle verkolle rakennuslupa, taataan sen ylläpito sekä koskemattomuus ja määritellään maksettavat korvaukset tapauskohtaisesti. Suurten julkishallinnollisten organisaatioiden kuten kuntien, ELY-keskuksen, Liikenneviraston tai Aluehallintoviraston kanssa toimitaan tyypillisesti kiinteistön omistajan tai haltijan määrittelemällä tavalla. Verkkoyhtiöt neuvottelevat näiden osapuolten kanssa valmiit raamit verkonosien sijoittamiselle, jossa suunnittelijan tehtäväksi jää kyseisen osapuolen määrittelemän sijoituslupahakemuksen toimittaminen lupakäsittelijälle. Näillä maanomistajilla sijoituslupahakemusten käsittelyajat ovat pitkiä, tyypillisesti 1 - 5 kk (pois lukien kunnat). Näin ollen erityisesti pienien rakennustöiden kohdalla on suunnittelijan intressinä välttää tällaiset kiinteistöt. Toisaalta esimerkiksi suurien alueiden maakaapelointihankkeissa on lupien haun näkökulmasta kannattavaa hyödyntää vaikkapa ELY-keskuksen tiealueita, jolloin vältetään lukuisat yksittäisten maanomistajien kanssa tehtävät maankäyttöluvut.

Lupien hakuprosessi lähtee käyntiin suunnittelun alaisen kiinteistön omistajuuden selvittämisellä. Tähän tarkoitukseen sopii oivallisesti Maanmittauslaitoksen verkossa tarjoama maksullinen Kiinteistötietopalvelu. Kiinteistötietopalveluun rekisteröitymisen jälkeen saadaan käyttöön koko Suomen kattavat ajantasaiset kiinteistötietojärjestelmän (KTJ) tiedot. Palvelun eri karttapohjiin voidaan korostaa kiinteistöjen rajat tunnuksineen (kuva 15), joiden perusteella niiden tietojen tutkiminen onnistuu. Suunnittelussa hyödynnettäviä tietoja ovat muun muassa kiinteistöjen omistaja-, määrääla- ja rasitetiedot. Kiinteistötietojen kysely onnistuu myös maksuttomalla tavalla puhelimitse maanmittaus-

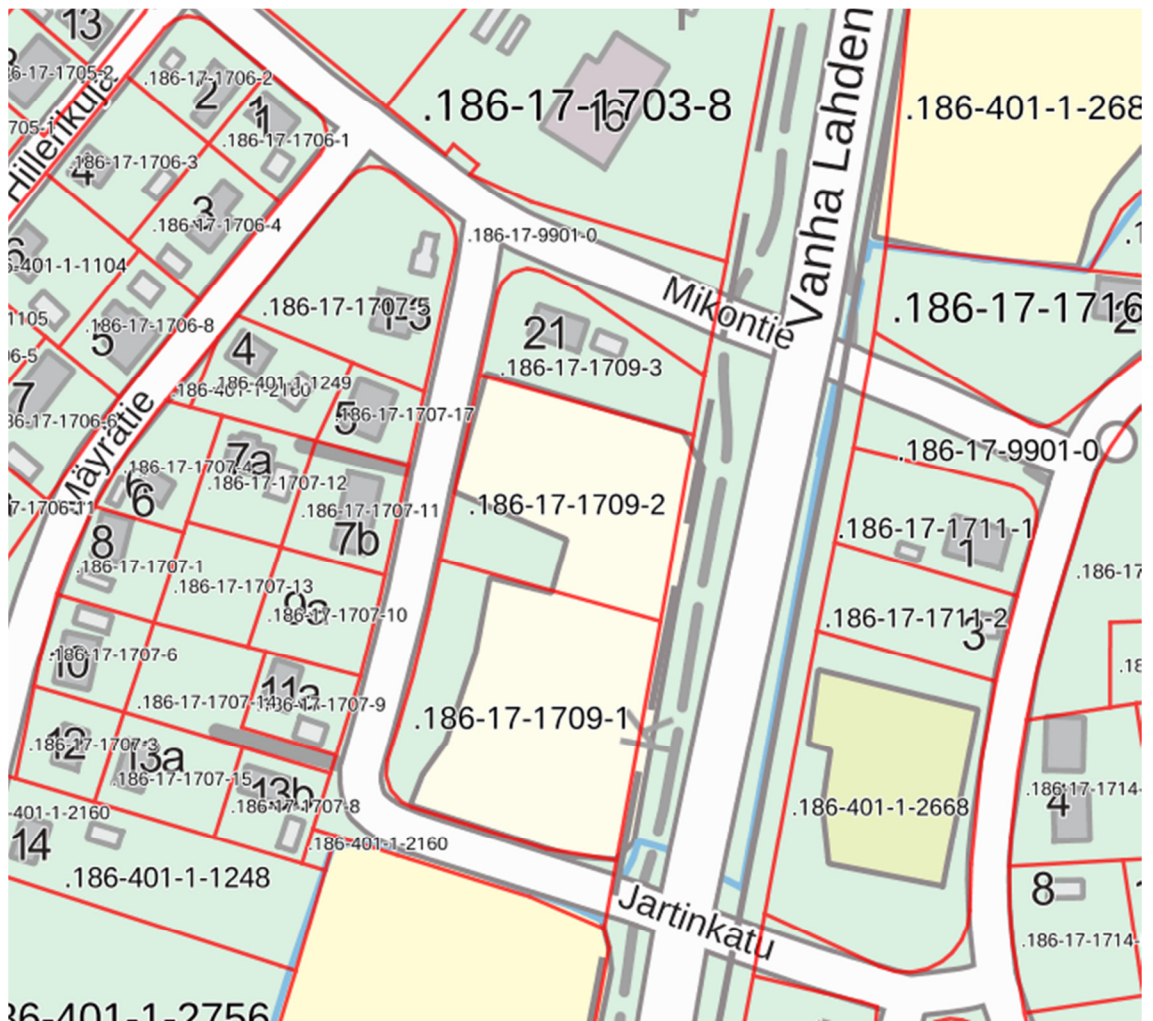


laitoksen asiakaspalvelusta, rajoituksena 3 kpl/asiointikerta. Kiinteistötietopalveluun integroituja ominaisuuksia ovat myös pituuden ja pinta-alan mittatyökalu, lähimmän katuosoitteen haku, tulostus sekä asemakaavoitettujen alueiden korostus. Asemakaavoitettujen alueiden korostaminen voi tulla tarpeelliseksi vaikkapa sähköisen mitoituksen yhteydessä, mikäli verkkoyhtiö vaatii korkeampia suojausarvoja kyseenomaisille alueille.

Kiinteistön omistajatiedot saatuaan alkaa suunnittelija selvittämään näiden yhteystietojen luvanhakua varten. Mikäli kyseessä on yksityishenkilö, löytyy puhelinnumero useimmiten numerotiedustelun kautta helpoiten. Taloyhtiöiden sekä yritysten kohdalla apuvälineenä toimivat yritysrekisterit kuten Asiakastieto.fi. Maksuttomasta palvelusta voidaan selvittää usein hallituksen jäsenten lisäksi myös taloyhtiöiden isännöintitoimistot, jonne otetaan ensisijaisesti yhteyttä. Toisinaan maanomistajan selvittämisessä joudutaan turvautumaan kiinteistöllä mahdollisesti olevan sähköliittymän kuluttajatietoihin, joiden tarkempi tiedustelu tulee suorittaa verkkoyhtiöltä. Kiinteistön omistajan ollessa joku edellä mainituista julkishallinnoista toimii parhaana apuvälineenä näiden toimijoiden omat hakuohjeet.

Mikäli maankäytöstä ei päästä sopimukseen neuvottelukeinoin, voidaan sijoituslupaa hakea lakiin nojaten. Tässä tapauksessa suunnittelijan on valmisteltava vähintään kaksi vaihtoehtoista suunnitelmaa kohteen toteuttamiseksi sekä laskettava näiden rakentamiskustannukset. Nämä dokumentit toimitetaan hakemuksen liitteinä sen kunnan rakennusvalvontaviranomaisen käsiteltäväksi, jonka alueella töiden on tarkoitus tapahtua. Käsittelystä vastaava osapuoli puntaroi esitettyjä vaihtoehtoja toimivuuden, kustannuksien sekä kaavoituksen kannalta, ja pyrkii valitsemaan toteutustyylin aiheuttamatta kiinteistölle tarpeetonta haittaa. Mikäli kunnan rakennusvalvontaviranomainen puoltaa verkon sijoittamista jonkin esitetyn suunnitelman osoittamaan tyyliin, tulee rakennuttajan vielä odottaa päätöksen lainvoimaiseksi astumista. Rakennusvalvontaviranomainen voi kuitenkin perustellusta syystä ja edellyttäen, että täytäntöönpano ei tee muutoksenhakua hyödyttömäksi, antaa MRL 144 §:ssä [5.] mainitun aloitusoikeuden tölle osittain tai kokonaan. Edellytyksenä aloitusoikeuden aikaisemmalle myöntämiselle on myös hakijalta vaadittava hyväksyttävän suuruinen vakuus niiden haittojen, vahinkojen ja kustannusten korvaamisesta, jotka päätöksen kumoaminen tai luvan muuttaminen voi aiheuttaa. Pakkosijoitustapauksissa maankäyttökorvaukset ratkaistaan lunastuslain mukaisessa järjestyksessä, mikäli niistä ei ole sovittu.

Luvanhaussa esiintyvistä ongelmatilanteista aiheutuvia viivästyksiä on vaikea ennakoida, ja ne voivat toisinaan vaikuttaa suurestikin urakaluonteisten verkonrakennustöiden aikatauluihin. Työn toteuttajan tulee välttää materiaaleihin tai muihin kustannuksiin liittyviä hankintoja niin kauan, että työn edellyttämät lupa-asiat ovat kunnossa. Suunnittelijan on tärkeää ryhtyä luvanhakuun urakan aikatauluun suhteutettuna hyvissä ajoin, jolloin on perusteltua pyytää työn tilaajalta takarajan siirtämistä, jos lupien käsittelemiseen kuluu ennakoitua enemmän aikaa. Toimimalla näin voidaan välttää tilanteita, joissa esimerkiksi työmaalle jo toimitettu maakaapeli ei riitäkään luvanhaussa muuttuneen reitin pituudelle.



Kuva 15. MML Kiinteistötietopalvelun karttanäkymä.

### 3.1 Maankäyttökorvaukset

Verkkoyhtiö on velvollinen korvaamaan maanomistajalle verkon rakentamisesta aiheutuvia haittoja sekä vahinkoja. Verkkoyhtiöiden korvausmenettelyt pohjautuvat Energia-teollisuuden, Metsätalouden kehittämiskeskuksen, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen sekä Maanmittauslaitoksen julkaisuihin, ja ne pannaan täytäntöön pääsääntöisesti kertakorvauksina. Korvausten suuruudet vaihtelevat verkkoyhtiöittäin sekä työkohteen maantieteelliseen sijaintiin perustuen. Esimerkiksi keskijännitemaakaapelin rakentamisesta maksetaan MTK:n sekä Suomen Kuntaliiton neuvotteleman ”Suositussopimus maahan kaivettavista johdoista” -dokumentin perusteella tilanteesta riippuen 1-3 eri korvausta. Nämä korvaukset koskevat pysyvää maapohjan käytönrajoitusta sekä muita aiheutuvia vahinkoja ja haittoja. Metsätalousalueella voidaan joutua korvaamaan maapohjan käytönrajoituksen lisäksi alueelta poistettujen puiden arvo odotusarvolisineen, mikäli puut jäävät verkkoyhtiölle. Metsäalueiden korvauksia määriteltäessä toimii apuvälineenä Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion summaarvomenetelmän aputaulukot. Viljelyspelloille aiheutuvia vahinkoja käsittelee puolestaan Maanmittauslaitoksen julkaisu ”Korvaussuositukset kiinteistövahingoissa”.

## 4 Yhteenveto

Uuden sähköverkkosuunnittelijan perehdyttämisessä tukena käytettävä koulutusmateriaali kasattiin yhdistämällä tietoja suunnittelun eri työvaiheissa käytettävistä työkaluista sekä metodeista yhteen teokseen. Saavutetun kokonaisuuden avulla sähköverkkosuunnittelijan työnkuvan sekä käytössä olevien työkalujen hahmottaminen on helpompaa. Materiaali on suunnattu pääasiassa aloittelevalle suunnittelijalle, jolla on jo käsitys sähköjakeluverkon eri komponenteista sekä joka omaa pääsyn toiminnan kohteena olevan verkkoyhtiön verkkotietojärjestelmään. Työtä varten tehtyjen eri suunnittelijoiden haastatteluiden perusteella myös kokeneemmat suunnittelijat voivat tuoda työkalupakkeihinsa uusia apuvälineitä tämän materiaalin sisällöstä.

Tablettitietokone nähtiin testikauden seurauksena potentiaalisena lisänä tehostamaan suunnittelun ajankäyttöä, olettaen suunnittelijan käytössä jo olevan kannettava tietokone mobiiliyhteyksillä varustettuna. Tässä insinööriyössä listattuja ominaisuuksia voidaan hyödyntää investointien tekemiseen, mutta yksiselitteistä vastausta tablettitietokoneen kannattavuuteen ei testikauden perusteella voida antaa. Tabletin tuoma arvo

korostuu toisaalta merkittävästi tilanteessa, jossa suunnittelijalla ei ole ennestään käytössä maastoon kuljetettavaa mobiiliyhteyksillä varustettua tietokonetta. Tällöin maastokatselmuksen valmistelemiseen kuluva aika- sekä materiaalikustannuksia voidaan merkittävästi leikata, sillä kaikki tarvittava tieto kulkee suunnittelijan mukana maastoon sähköisessä muodossa.

Työssä tuotiin esille yllättäviä urakan aikajanaan tai arvoon vaikuttavia asioita kuten peruskallioesiintymä sekä ongelmalliset maankäyttötilanteet. Tällaisten muuttujien aiheuttamista lisäkustannuksista sekä viivästyksistä tulee suunnittelijan osata kommunikoida työn tilaajan kanssa avoimesti. Mitä aikaisemmassa vaiheessa saatetaan tilaajalle tieto työtä koskevista muutoksista, sen varmemmin vältetään toteuttajalle aiheutuvaa harmia. Tilaajalle aiheutuvista lisäkustannuksista esimerkiksi kallion louhinnasta tai kaapelin suojaamisesta betonikouruihin on kommunikoitava ennen rakennustöiden aloittamista, ja selvitettävä mikäli tällainen menettely sopii kaikille osapuolille. Hyvän sähköverkkosuunnittelijan perustaitoihin kuuluu kuitenkin mutkaton ja rehellinen kommunikointi, sitä hyödyntämällä rakennetaan luottamusta sekä suhteita tulevaisuuden projekteja silmällä pitäen.

## Lähteet

- 1 DGPS ja suhteellinen paikannus  
<http://kronos.ncp.fi/koulutusohjelmat/metsa/PaikkatietoWWW/paikannus/gps6.html>  
Luettu 12.5.2016.
- 2 Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset 2012 SFS 6000-8-814.
- 3 Suunnitteluvaiheen esiselvitykset. Mitä, milloin ja missä muodossa? Sivu 7. Pirkanmaan ELY-keskus 14.8.2015.
- 4 Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132 pykälä 162  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>.
- 5 Maankäyttö- ja rakennuslaki 730/2005  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20050730>

